

## HUBUNGAN KADAR TIMBAL DARAH DENGAN KADAR HEMOGLOBIN KARYAWAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP

**I Z Z A W A T I**

Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional

**WIMPY\***

Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional

email : [wimpy@stikesnas.ac.id](mailto:wimpy@stikesnas.ac.id) (corresponding author)

Izzawati, dkk : Hubungan Kadar Timbal Darah Dengan kadar Hemoglobin Karyawan Pembangkit Listrik Tenaga Uap

### ABSTRAK

*Indonesia memiliki 253 pembangkit listrik tenaga uap. Salah satu pembangkit listrik tenaga uap di Indonesia yang memiliki kapasitas daya listrik yang besar berada di Kota Tidore Kepulauan, tepatnya di Kelurahan Rum, Kecamatan Tidore Utara, Provinsi Maluku Utara. Pembangkit listrik ini menggunakan batubara sebagai bahan bakar, dimana hasil pembakaran batubara yang tidak dikelola dengan baik memberikan dampak buruk terhadap lingkungan dan kesehatan. Saluran pernafasan merupakan jalur utama abu batu bara dalam bentuk fly ash yang mengandung timbal masuk ke dalam tubuh selain saluran pencernaan dan kulit. Bila tubuh manusia terus menerus terpapar logam timbal, sintesis hemoglobin akan terganggu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan kadar timbal dalam darah dengan kadar hemoglobin pada karyawan pembangkit listrik tenaga uap. Data penelitian diperoleh dari data primer dengan menggunakan metode analitik observasional dengan desain cross sectional study dengan teknik pengambilan sampel kuota menggunakan 20 sampel darah karyawan pembangkit listrik tenaga uap. Pemeriksaan kadar timbal dalam darah menggunakan spektrofotometer serapan atom. Sedangkan hemoglobin diperiksa menggunakan hematology analyzer. Sebanyak 90 % responden memiliki kadar timbal melebihi ambang batas yang ditetapkan centers for disease control and prevention yaitu melebihi 3,5 µg/dL. Sebanyak 95 % reponden memiliki kadar hemoglobin normal. Berdasarkan hasil uji statistik korelasi Spearman's rho diperoleh nilai  $p=0,211$  ( $p>0,05$ ) artinya tidak terdapat hubungan yang signifikan. antara kadar timbal dalam darah dan kadar hemoglobin pada karyawan pembangkit listrik tenaga uap. Nilai koefisien korelasi yang didapatkan yaitu  $r = -0,293$  artinya korelasi berada pada arah korelasi negatif dengan kriteria kekuatan lemah.*

*Kata kunci : timbal darah, hemoglobin, pembangkit listrik tenaga uap*

### ABSTRACT

*Indonesia has 253 steam power plants. One of the steam power plants in Indonesia which has a large electrical power capacity is in Tidore Islands City, precisely in Rum Village, North Tidore District, North Maluku Province. This power plant uses coal as fuel, where coal combustion that is not managed properly has a negative impact on the environment and health. The respiratory tract is the main route for coal ash in the form of fly ash which contains lead to enter the body apart from the digestive tract and skin. If the human body is continuously exposed to lead metal, hemoglobin synthesis will be disrupted. This study aims to determine the relationship between blood lead levels and hemoglobin levels in steam power plant employees. Research data was obtained from primary data using observational analytical methods with a cross sectional study design with a quota sampling technique using 20 blood samples from steam power plant employees. Examination of blood lead levels using an atomic absorption spectrophotometer. Meanwhile, hemoglobin is checked using a hematology analyzer. As many as 90% of respondents had lead levels exceeding the threshold set by the Centers for Disease Control and Prevention, namely exceeding 3.5 µg/dL. 95% of respondents had normal hemoglobin levels. Based on the results of the Spearman's rho correlation statistical test, the value obtained was  $p=0.211$  ( $p>0.05$ ), meaning there was no significant relationship. between blood lead levels and hemoglobin levels in steam power plant employees. The correlation coefficient value obtained is  $r = -0.293$ , meaning the correlation is in the direction of negative correlation with weak strength criteria.*

*Key words: blood lead levels, hemoglobin, steam power plant*

## PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah suatu fasilitas pembangkit listrik yang mampu mengubah energi panas yang terkandung dalam bahan bakar seperti batu bara menjadi energi listrik. Proses ini melibatkan pembakaran batu bara untuk menghasilkan uap bertekanan tinggi. Uap tersebut dimanfaatkan untuk memutar turbin yang terhubung dengan generator listrik sehingga menghasilkan energi listrik. PLTU yang berbahan bakar batu bara dalam skala global pada tahun 2023 mencapai 2.435 unit (“Global Coal Plant Tracker,” 2024). Sebanyak 253 PLTU berbahan bakar batu bara terdapat di Indonesia. PLTU sering dipilih karena kemampuan karena mampu mendukung kebutuhan energi dalam skala besar. Salah satu PLTU di Indonesia yang memiliki kapasitas daya listrik yang besar berada di Kota Tidore Kepulauan, tepatnya di Kelurahan Rum, Kecamatan Tidore Utara, Provinsi Maluku Utara.

Proses pembakaran batu bara di PLTU menghasilkan sisa pembakaran berupa abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). *Bottom ash* biasanya berupa partikel yang kasar dan berat, sehingga akan banyak terdapat di dasar tungku pembakaran. *Fly ash* memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dan ringan, sehingga sering terbawa oleh aliran gas buang. Kedua abu ini menurut peraturan pemerintah nomor 22 tahun 2021 tergolong limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun) (PP No. 22, 2021). Logam berat timbal merupakan bahan berbahaya dan beracun yang masih terdapat pada abu sisa pembakaran batu bara. Kandungan logam timbal pada abu sisa pembakaran batu bara pada PLTU Bangko Barat, Kabupaten Muara

Enim, Sumater Selatan mencapai 22,2 -29,3 ppm (Firman, 2020).

Logam timbal dalam batu bara dapat berasal dari proses geologis selama pembentukan batu bara. Berbagai bahan organik yang berasal dari sisa makhluk hidup akan berikatan dengan mineral – mineral dari tanah dan bebatuan yang mengandung logam berat dan akan mengendap. Aktivitas vulkanik yang terjadi di masa lalu dan juga kontaminasi dari limbah industri serta aktivitas manusia juga menyumbang cemaran logam berat dalam batu bara. Data terbaru dari Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) pada tahun 2019 menunjukkan bahwa lebih dari 2 juta kematian di dunia disebabkan oleh paparan produk timbal (Organization, 2023).

Timbal yang terkandung dalam *fly ash* memiliki risiko inhalasi lebih besar dibandingkan *bottom ash*, karena ukuran partikelnya cenderung lebih kecil dan lebih ringan dibandingkan dengan *bottom ash*. Ukuran partikel yang kecil dan ringan membuat *fly ash* mudah tersebar di udara dan terhirup masuk ke sistem pernapasan, dan dalam beberapa kasus, masuk ke dalam tubuh melalui jalur oral dan dermal. Gejala awal keracunan logam berat yang dapat timbul adalah muntah, diare, sakit kepala bahkan kehilangan kesadaran. (Wimpy et al., 2023) Salah satu akibat keracunan timbal secara kronik adalah terganggunya biosintesis *heme*. Terdapat beberapa mekanisme proses intoksikasi logam berat yang berakibat terganggunya biosintesis *heme*:

1. Timbal akan bekerja dengan menghambat biosintesis *heme* yaitu dengan menghambat sintesis enzim *aminolevulinic acid dehydratase* (ALAD) yang berperan penting dalam pembentukan *heme*.

2. Timbal akan berikatan dengan enzim dan protein sulfhidril (-SH) yang penting untuk proses biosintesis..
3. Timbal juga dapat mempengaruhi struktur protein dengan cara merubah langsung konformasinya dan mengganggu fungsi normalnya.
4. Timbal juga dapat memicu stres oksidatif yang akan memproduksi *banyak reactive oxygen species* (ROS) (Mus et al., 2024)  
Gangguan biosintesis *heme* tersebut akan menyebabkan kadar hemoglobin (Hb) menjadi rendah. Kadar normal Hb untuk laki laki adalah antara 14-17,5 mg/ dL. Timbal juga akan mengganggu fungsi enzim antioksidan seperti superoksida dismutase, katalase dan glutation peroksidase. Gangguan fungsi pada enzim – enzim ini akan berdampak pada penurunan kapasitas tubuh dalam meredam aktivitas radikal bebas. Penyakit arterosklerosis bahkan kanker dapat terinduksi akibat aktivitas radikal bebas dalam tubuh (Wimpy & Harningsih, 2017). Penelitian yang pernah dilakukan oleh Shinta dan Mayaserli tahun 2020 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara kadar timbal dalam darah dengan kadar hemoglobin pada perokok aktif (Shinta & Mayaserli, 2020). Dalam penelitian Nurfadillah tahun 2019 juga didapati hubungan yang signifikan antara kadar timbal dalam darah dengan kadar hemoglobin operator stasiun pengisian bahan bakar umum yang diduga terpapar bahan bakar yang mengandung timbal (Nurfadillah, 2019). Tetapi menurut penelitian Mahendra tahun 2016 didapati korelasi negatif antara kadar timbal dalam darah dengan kadar hemoglobin (Mahendra, 2016).

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Spektrofotometer serapan atom (SSA), Kertas Whatman No. 40, COD reactor, *Hematology Analyzer Nihon Kohden Cell-*

*Tac α* darah EDTA, larutan HNO<sub>3</sub> pekat, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pekat, Larutan Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, aquabidest, *Isotonac, Cleanac, Cleanac detergent, hemolynac 3N*.

### Metode Pelaksanaan

Metode *cross-sectional* digunakan dalam penelitian analitik ini. Pengambilan sampel dilakukan di PLTU Kota Tidore Kepulauan. Periode penelitian mulai dari Desember 2023 sampai dengan Mei 2024. *quota sampling* dipilih sebagai teknik pengambilan sampel pada penelitian ini. Penelitian ini juga menggunakan SSA untuk pemeriksaan kadar timbal darah dan *Hematology Analyzer Nihon Kohden Cell-Tac α* untuk pemeriksaan kadar hemoglobin.

### Prosedur Penelitian

#### Menyiapkan deret baku

Siapkan larutan baku timbal dengan konsentrasi 0,01 ppm, 0,02 ppm, 0,05 ppm, 0,08 ppm, 0,10 ppm, dan 0,120 ppm kemudian absorbansi masing – masing baku dibaca menggunakan spektrofotometer serapan atom menggunakan panjang gelombang 283,3 nm.

#### Membuat kurva kalibrasi

Kurva kalibrasi disusun berdasarkan hasil pembacaan absorbansi pada deret baku. Grafik antara konsentrasi baku timbal dan absorbansi digunakan untuk menentukan persamaan garis lurus yaitu regresi linier yaitu  $y = bx + a$ .

#### Preparasi Sampel

Siapkan peralatan dan bahan yang digunakan, 3 mL darah vena diambil dan ditambahkan dengan antikoagulan K<sub>2</sub>EDTA. Selanjutnya dipipet 0,5 ml sampel darah ke dalam labu leher ulir yang diberi batu didih. Kemudian ditambahkan 0,5 mL HNO<sub>3</sub> pekat untuk memutuskan ikatan senyawa organik dengan logam. Setelah itu ditambahkan 0,5

mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pekat yang berfungsi sebagai pengoksidasi agar tidak ada sisa senyawa organik yang mengganggu pemeriksaan. Kemudian proses destruksi basah dilakukan dengan menggunakan COD *reactor* pada suhu 100 °C selama 60 menit. Sampel didinginkan sampai suhu kamar yaitu 25 °C. kemudian ditambahkan 9 mL aquabidest dan selanjutnya dihomogenkan. Langkah selanjutnya adalah larutan tersebut disaring dengan kertas whatman No. 40 agar tidak ada residu yang mengganggu pembacaan. Kemudian kadar timbal dalam sampel diperiksa pada SSA pada panjang gelombang 283,3 nm.

### Pemeriksaan hemoglobin

Sampel darah EDTA dihomogenkan dengan cara tabung yang dibolak-balik sebanyak 20 kali. Setelah itu, jarum sampel diletakan kedalam tabung darah sampai ujung jarum mendekati dasar tabung tanpa menyentuh dasar tabung dan tekan *Count Swith* pada alat *hematology analyzer*. Sampel akan dihisap dan hasil pengukuran Hb akan tampil di layar apabila pemeriksaan telah selesai.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah data hasil pemeriksaan dan pertanyaan yang diajukan pada saat penelitian berlangsung seperti tersaji pada tabel 1 berikut

**Tabel 1 Distribusi Data Induk Hasil Penelitian**

Kode Sampel	Usia	Lama Bekerja	Kadar Hb (g/dL)	Kadar timbal darah (µg/dL)	Alat Pelindung Diri	Merokok
S1	32	5	14,3	4,77*	lengkap	ya
S2	35	5	17,9	5,63*	lengkap	tidak
S3	45	6	17,2	5,18*	lengkap	ya
S4	36	5	15,9	4,75*	lengkap	tidak
S5	35	6	16,2	4,87*	lengkap	ya
S6	39	7	16,2	7,26*	lengkap	ya
S7	37	7	17,4	5,12*	tidak lengkap	tidak
S8	37	7	17,3	5,88*	tidak lengkap	tidak
S9	35	5	16,4	7,76*	tidak lengkap	ya
S10	34	7	17,9	10,66*	tidak lengkap	tidak
S11	40	7	16,2	6,26*	lengkap	ya
S12	33	6	16,7	7,26*	lengkap	tidak
S13	34	6	16,9	5,12*	lengkap	ya
S14	32	5	18,5*	1,48	lengkap	ya
S15	26	7	17,4	4,49*	tidak lengkap	tidak
S16	42	7	17,3	4,75*	lengkap	tidak
S17	32	7	13,2	11,29*	lengkap	tidak
S18	34	7	16,9	1,98	lengkap	tidak
S19	28	7	16,9	8,90*	lengkap	tidak
S20	29	7	17,5	3,99*	lengkap	tidak

**Keterangan**

APD Lengkap : kacamata, masker, sepatu boot

\*: memiliki kadar lebih dari normal

Pada tabel 1 tersaji data responden memiliki rentang usia antara 26 hingga 45 tahun dan semuanya berjenis kelamin laki – laki. Seluruh responden yang berpartisipasi dalam penelitian ini tidak dalam masa pengobatan, karena obat – obatan dapat mengganggu hasil pemeriksaan. Persentase responden yang memiliki kebiasaan merokok adalah 40 %. Sebanyak 25 % responden tidak menggunakan APD (alat pelindung diri) saat bekerja. Kadar hemoglobin dalam darah responden memiliki rentang nilai antara 13,2 mg/dL hingga 17,5 mg/dL dengan rerata 16,71 mg/dL. Sebanyak 95 % (19 dari total 20 responden) memiliki kadar Hb normal sesuai nilai rujukan yang ditetapkan oleh *National Center for Biotechnology Information* (NCBI) yaitu antara 14-18 mg/dL (Chaudhary et al., 2017). Terdapat satu responden dengan kode sampel S14 memiliki kadar Hb lebih dari normal.

Kadar timbal seluruh responden memiliki rentang nilai 1,48 µg/dL – 11,29 µg/dL dengan rerata adalah 5,87 µg/dL. Terdapat 90 % responden (18 dari total 20 responden) memiliki kadar timbal darah melebihi ambang batas normal yang ditetapkan oleh CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*) yaitu melebihi 3,5 µg/dL (CDC, 2024). Hanya dua responden dengan kode sampel S14 dan S18 yang memiliki kadar timbal darah dalam ambang batas normal.

Untuk mengetahui bagaimana normalitas distribusi data penelitian, maka dilakukan uji normalitas dengan hasil tersaji pada tabel 2 :

**Tabel 2 Uji Normalitas Shapiro Wilk**

Shapiro-Wilk			
	df	Sig.	Keterangan
Timbal	20	0,183	Normal

Hb 20 0,011 Tidak Normal

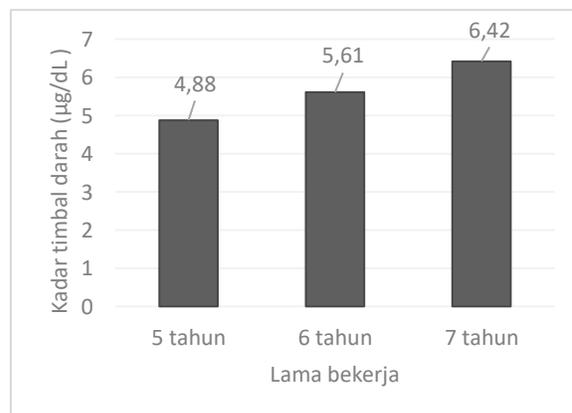
Pada tabel 2 diketahui nilai signifikansi kadar timbal darah adalah > 0,05 yaitu 0,183 dan nilai signifikansi kadar hemoglobin adalah < 0,05 yaitu 0,011, maka dapat disimpulkan bahwa variabel terdistribusi tidak normal. Langkah selanjutnya adalah dilakukan uji korelasi non parametrik *Spearman's rho* dengan hasil seperti tersaji pada tabel 3.

**Tabel 3 Uji Korelasi Spearman's rho**

		Timbal	Hb
Spearman's rho	Koefisien korelasi	1,000	-0,293
	Sig. (2-tailed)	.	0,211
	N	20	20
Hb	Koefisien korelasi	-0,293	1,000
	Sig. (2-tailed)	0,211	.
	N	20	20

Tabel 3 menunjukkan hasil uji korelasi menggunakan *Spearman's rho* maka didapat nilai signifikansi adalah 0,211 ( $p > 0,05$ ) artinya tidak ada hubungan signifikan antara kadar timbal darah dengan kadar hemoglobin pada karyawan PLTU. Nilai koefisien korelasinya  $r = -0,293$  artinya arah korelasi negatif dengan kekuatan lemah dimana kadar timbal darah yang semakin tinggi maka semakin rendah kadar hemoglobin begitu juga sebaliknya semakin rendah kadar timbal dalam darah maka semakin tinggi kadar hemoglobin.

Berdasarkan hasil analisis kategori lama bekerja yaitu selama 5 tahun , 6 tahun dan 7 tahun memiliki rerata kadar timbal seperti tersaji pada grafik 1.



### **Gambar 1 Grafik Kadar Timbal Darah Terhadap Lama Bekerja**

Dari data tersebut terlihat semakin lama bekerja sebagai karyawan PLTU, paparan timbal dari abu batu bara rerata kadar timbal darah juga semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena timbal sebagai logam berat mempunyai sifat bioakumulatif di dalam tubuh, sehingga semakin lama terpapar maka semakin tinggi akumulasinya di dalam tubuh (Wimpy et al., 2023). Sebanyak 90 % responden memiliki kadar timbal darah yang melebihi ambang batas normal CDC, hal ini dapat disebabkan karena alat pelindung diri yang digunakan belum sesuai dengan standar seperti masker yang tidak dilengkapi dengan HEPA (*High Efficiency Particulate Air*) filter. Masker tanpa HEPA filter tidak mampu secara efektif menyaring partikel dari *fly ash*. Ukuran partikel *fly ash* yang sangat kecil yaitu 10 – 50  $\mu\text{m}$  masih dapat menembus masker tanpa HEPA filter dan terhirup ke dalam saluran pernafasan. Masker ini sangat efektif sebagai APD karena dapat menyaring udara yang mengandung partikel dengan ukuran 0,3  $\mu\text{m}$  dengan efisiensi minimal 99,97 %.

APD lain yang belum sesuai standar adalah kacamata *google safety*. Kacamata yang seharusnya digunakan adalah kacamata *google safety* dengan pelindung samping (*side shields*). Kaca mata ini memberikan perlindungan tambahan sehingga *fly ash* tidak mudah masuk ke dalam mata. Selain itu penggunaan sarung tangan yang masih berbahan dasar lateks tidak dapat memberikan perlindungan optimal pada para karyawan dari paparan bahaya timbal yang terkandung dalam abu batu bara. Ketika berhadapan dengan material kasar seperti batu bara itu sendiri, lateks mudah rusak dan tidak

memberikan perlindungan terhadap luka atau goresan. Lateks juga tidak didesain untuk suhu tinggi, karena pada suhu tinggi lateks menjadi rapuh dan mudah robek. Sarung tangan yang cukup optimal untuk melindungi diri adalah sarung tangan berbahan dasar karet (*rubber gloves*), kulit, dan kevlar. Sarung tangan ini dapat melindungi tangan dari abrasi, suhu tinggi dan partikel dari batu bara.

Kurangnya kesadaran akan penggunaan APD yang sesuai standar, keterbatasan anggaran, prioritas pengeluaran serta kesulitan dalam penerapan menjadi alasan mengapa APD yang sesuai standar tidak digunakan. Kurangnya pelatihan penggunaan APD dan juga tidak adanya kontrol membuat APD yang saat ini digunakan tidak berfungsi optimal.

Kadar hemoglobin para 95 % karyawan PLTU masih dalam rentang normal. Hal ini dapat terjadi karena dalam fase awal keracunan, tubuh masih bisa mempertahankan kadar Hb dalam rentang normal meskipun ada kerusakan yang sedang berlangsung. Hanya 1 responden saja yang mengalami peningkatan. Hal ini dapat disebabkan tubuh yang beradaptasi sehingga tubuh merespon dengan meningkatkan kadar hemoglobin sebagai kompensasi untuk efek keracunan timbal pada sel darah merah. Jika keracunan tidak parah atau berada pada tahap awal, tubuh mungkin berusaha meningkatkan kadar hemoglobin untuk mempertahankan fungsi oksigenasi darah.

Berdasarkan hasil pengamatan menunjukkan bahwa *fly ash* hasil pembakaran batu bara juga menyebar ke pemukiman warga sehingga berisiko menimbulkan polusi lingkungan dan bahaya kesehatan bagi masyarakat. Partikel *fly ash* terlihat pada atap rumah dan pada dedaunan pohon di sekitar PLTU.

Penggunaan teknologi pengedali emisi seperti *filter baghouse*, *elektrostatik*

*precipitator (ESP)* dan *scrubber* diharapkan dapat menangkap partikel *fly ash* sebelum dikeluarkan ke atmosfer. Menanam vegetasi di area di sekitar PLTU dapat membantu mendahan penyebaran *fly ash* ke lingkungan sekitar pemukiman. PLTU juga harus mematuhi regulasi dan peraturan standar lingkungan yang berlaku seperti tertuang dalam peraturan pemerintah nomor 22 tahun 2021 yang mengatur mengenai penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Dengan patuh regulasi maka batas emisi dapat dikendalikan serta bahan B3 seperti abu sisa pembakaran batu bara baik dalam bentuk *fly ash* maupun *bottom ash* tidak mencemari lingkungan dan merugikan kesehatan.

### SIMPULAN

Sebanyak 90 % responden memiliki kadar timbal darah yang melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*) yaitu melebihi 3,5 µg/dL. 95 % responden memiliki kadar Hb normal. Setelah dilakukan analisis dengan SPSS menggunakan uji korelasi *Spearman's rho* dapat disimpulkan tidak ada hubungan bermakna antara kadar timbal darah dengan Hb pada karyawan PLTU.

### SARAN

Diperlukan penelitian lebih lanjut dampak paparan timbal dalam jangka panjang terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat yang tinggal di dekat dengan area PLTU.

### TERIMA KASIH

Peneliti berterima kasih kepada Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional, para karyawan PLTU Kota Tidore Kepulauan, jajaran staf Laboratorium RSUD Dr. H.

Chasan Boesorie Kota Ternate dan seluruh pihak yang berkontribusi di dalam penelitian ini.

### REFERENSI

- Arba, S. (2019). Kosentrasi Respirable Debu Particulate Matter (Pm<sub>2,5</sub>) Dan Gangguan Kesehatan Pada Masyarakat Di Pemukiman Sekitar PLTU. *Promotif: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 9(2), 178–184.
- Ayu, T. G. (2018). *Hubungan Kadar Timbal dalam Darah dengan Kadar Hemoglobin pada Pekerja Pengecatan Mobil di Jalan Fatmawati*.
- CDC. (2024, May 29). *Recommended Actions Based on Blood Lead Level*. Childhood Lead Poisoning Prevention. <https://www.cdc.gov/lead-prevention/hcp/clinical-guidance/index.html>
- Chaudhary, R., Dubey, A., & Sonker, A. (2017). Techniques used for the screening of hemoglobin levels in blood donors: Current insights and future directions. *Journal of Blood Medicine*, 75–88.
- Firman, F. (2020). Analisis Kandungan Logam Berat Abu Batubara PLTU Bangko Barat Kab. Muara Enim Sumatera Selatan. *Journal Of Science And Engineering*, 3(1).
- Global Coal Plant Tracker. (2024, April 11). *Global Energy Monitor*. <https://globalenergymonitor.org/projects/global-coal-plant-tracker/>
- Mahendra, P. G. O. (2016). *Hubungan kadar timbal dalam darah dengan kadar hemoglobin pada pedagang pasar Buku Belakang Sriwedari Surakarta*.

- Mus, S., Nuralifah, Ratna Dewi, Y., Wimpy, Rahayi, M., Nurfadilah, Puspitasari, A., Raudah, S., Qadri Rasyid, N., Pratiwi Utami, Y., Parawansah, Indah Sari, A., Kartika Rahayuningsih, C., & Purwati, T. (2024). *Toksikologi Klinik*. Eureka Media Aksara.
- Nurfadillah, A. R. (2019). Paparan timbal udara dan timbal dalam darah dengan tekanan darah dan hemoglobin (Hb) operator SPBU. *Journal Health & Science: Gorontalo Journal Health and Science Community*, 3(2), 53–59.
- Organization, W. H. (2023). *Exposure to lead: A major public health concern. Preventing disease through healthy environments*. World Health Organization.
- PP No. 22. (2021). Database Peraturan | JDIH BPK.  
<http://peraturan.bpk.go.id/Details/161852/pp-no-22-tahun-2021>
- Shinta, D. Y., & Mayaserli, D. P. (2020). Hubungan Kadar Timbal dan Kadar Hemoglobin Dalam Darah Perokok Aktif. *Prosiding Seminar Kesehatan Perintis*, 3(1), 134–134.
- Sinatra, D. P., Fahmi, N. F., & Amir, F. (2020). Paparan Timbal (Pb) Terhadap Kadar Hemoglobin di dalam Darah. *Conference on Innovation in Health, Accounting and Management Sciences (CIHAMS)*, 1, 158–165.
- Wimpy, W., & Harningsih, T. (2017). Uji Aktivitas Antioksidan Kombinasi Ekstrak Sarangsemut (*Myrmecodia pendans*) dan Ekstrak Keladi Tikus (*Typhonium flagelliforme* Lodd.) dengan Metode DPPH (1, 1-Dipheyl-2-Picrilhidrazil). *Jurnal Kesehatan Kusuma Husada*.
- Wimpy, W., Listiawati, E., Andita, A., Oksani, T. W., Kusumawardani, D. D., Kadam, L. N., & Bayutama, Y. (2023). Potensi Bahaya Paparan Logam Berat di Pasar Besi Tua Semanggi. *Jurnal Peduli Masyarakat*, 5(2), 395–402.